ANAIS 2026

II SIMPÓSIO DE
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO

agro

2026

11 E 12 DE AGOSTO
LONDRINA-PR

LOCAL:
11/08 | UEL, Anfiteatro Cyro Grossi
12/08 | IDR - - PR | CENTRO DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA

Londrina-PR

Anais do II Simpósio de Inteligência Artificial no Agro

11 e 12 de Agosto de 2026

Londrina-PR, Brasil

Organização e edição:
Bruno Bogaz Zarpelão (UEL)
Natássya Barlate Floro da Silva (UTFPR)

Prefácio

Depois de uma primeira edição de sucesso, que consolidou a transformação do Workshop de Inteligência Artificial no Agro em um relevante simpósio, temos a satisfação de apresentar os Anais do II Simpósio de Inteligência Artificial no Agro, realizado nos dias 11 e 12 de agosto de 2026, na Universidade Estadual de Londrina (UEL) e no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), em Londrina, Paraná. Nesta segunda edição, o evento reafirma o contínuo crescimento e a importância da aplicação da Inteligência Artificial (IA) no setor agropecuário, promovendo a troca de conhecimentos entre pesquisadores, estudantes e profissionais da área.

A chamada de resumos desta edição teve como objetivo incentivar a divulgação de pesquisas em andamento e concluídas na interface entre IA e agricultura. Os trabalhos submetidos passaram por um processo criterioso de avaliação, e os 16 resumos aceitos representam a diversidade e o potencial dessa área de pesquisa. Os autores tiveram novamente a oportunidade de apresentar seus trabalhos no formato de pôster durante o evento, fomentando discussões e colaborações. Os trabalhos reunidos nestes anais refletem diferentes frentes de pesquisa em IA aplicada ao agro, evidenciando desde a gestão de dados agrometeorológicos até aplicações em fitopatologia, segurança e privacidade de dados, modelos de linguagem, segurança alimentar, recursos hídricos, bioinformática e política ambiental. Em conjunto, os resumos mostram como a área vem se consolidando de forma interdisciplinar, articulando ciência de dados, automação, aprendizado de máquina e conhecimento de domínio agrícola.

Abrindo este volume, dois trabalhos tratam da infraestrutura de dados agrometeorológicos do CIA-Agro. Em "Arquitetura Expandida para Gestão e Ingestão de Dados Agrometeorológicos no Paraná", Ferraz, Pereira e Kaster apresentam o aprimoramento de uma arquitetura construída sobre Apache Airflow, Apache NiFi e PostGIS, com padronização de metadados, integração via API REST e uma interface web para visualização espacial dos dados. Em "Triagem de Séries Temporais Agrometeorológicas Baseada em Métricas de Previsibilidade", Souza e Zarpelão propõem o uso de medidas de entropia e complexidade para estimar previamente quais séries do sistema ConsistencIA apresentam maior potencial de previsibilidade, reduzindo o esforço da modelagem preditiva. Os dois trabalhos evidenciam uma preocupação comum de transformar o crescente volume de dados agrometeorológicos em informação para a tomada de decisão.

Um conjunto significativo de trabalhos concentra-se na detecção e no monitoramento de pragas. Em "Detecção Automática da Cigarrinha-do-Milho (Dalbulus maidis) em Armadilhas Adesivas Utilizando Arquitetura YOLO", Magalhães et al. propõem um método de detecção baseado em aprendizado profundo para localizar o inseto vetor do complexo de enfezamento do milho em imagens de armadilhas adesivas, complementado por uma ferramenta web de anotação executada no lado do cliente. Na mesma linha de automação de campo e laboratório, "Desenvolvimento de coletor de esporos de Phakopsora pachyrhizi e microscópio automatizado para aquisição de imagens de microscopia", de Batista et al., detalha o desenvolvimento de novos coletores impressos em 3D e de um microscópio automatizado que reduziu o tempo de leitura de lâminas de aproximadamente 45 minutos para 8 a 14 minutos, ampliando a escalabilidade do projeto Alerta Ferrugem do Paraná. Complementarmente, em "Uma Abordagem Baseada em

SimpleViT para Classificação de Esporos Fúngicos e Análise de Explicabilidade", Yamada et al. treinam modelos SimpleViT para classificar esporos de quatro fungos e utilizam técnicas de Inteligência Artificial Explicável para verificar se os modelos aprendem características biológicas relevantes ou padrões espúrios de fundo. Ainda no contexto da ferrugem asiática da soja, "Sistemas para Alerta de Ferrugem baseados em Modelos de Dispersão e Machine Learning", de Dias, Trautwein e Azevedo, combina um modelo de dispersão espaço-temporal de esporos (Directional Growth Graph) com um modelo híbrido de classificação e regressão para antecipar a chegada e a ocorrência da doença nas lavouras. Encerrando esse conjunto, em "Geração de imagens por inteligência artificial na construção de escalas diagramáticas para a antracnose do morangueiro", Santos et al. utilizam IA generativa e técnicas de prompt tuning e few-shot prompting para sintetizar imagens de folhas de morangueiro em diferentes níveis de severidade, construindo escalas diagramáticas que aumentaram significativamente a acurácia de avaliadores inexperientes.

A aplicação de modelos de linguagem também esteve presente nesta edição. Em "Assistente Virtual: desenvolvimento de um chatbot com modelos de linguagem e RAG", Takemoto e Baccarin apresentam um protótipo de assistente conversacional que utiliza Geração Aumentada por Recuperação para consultar documentos técnicos agrícolas em português, indicando a fonte consultada para tornar as respostas verificáveis. Em complemento, "Desenvolvimento de benchmark especializado para avaliação de grandes modelos de linguagem (LLMs) em fitossanidade", de Santos e Canteri, propõe um benchmark técnico e metodológico, com 104 questões discursivas avaliadas por especialistas doutores, voltado a mensurar a confiabilidade de LLMs nas áreas de Fitopatologia, Entomologia, Plantas Daninhas e Nematologia.

A segurança e a privacidade de dados no agronegócio motivaram outros dois trabalhos. Em "Framework de Anonimização com Modelagem de Confiança para Compartilhamento de Dados no Agronegócio", Possari e Zarpelão desenvolvem um framework de apoio à escolha de técnicas de preservação de privacidade, considerando o nível de confiança de cada agente em uma arquitetura de compartilhamento de dados agrícolas. Já em "Lean API Penetration Testing (LEAP): um processo simplificado de pentest para equipes com recursos limitados", Marana e Zarpelão propõem uma metodologia de testes de penetração voltada a equipes pequenas, validada em uma API do próprio CIA-Agro, na qual foram identificadas preventivamente algumas vulnerabilidades.

Questões de segurança alimentar também foram tratadas por meio de aprendizado de máquina. "Detecção de adulteração no leite por meio de inteligência artificial", de Sanches et al., avalia um modelo XGBoost para identificar a adição de água em leite cru a partir de parâmetros físico-químicos, sem depender da crioscopia. Na mesma frente, "Avaliação preliminar de algoritmos de aprendizado de máquina para classificação de hambúrgueres bovinos contendo proteína de soja utilizando parâmetros instrumentais de textura", de Bossi e Fagnani, compara os algoritmos Boosted Trees, K-Nearest Neighbors e Support Vector Machine para essa mesma finalidade, discutindo as limitações dos parâmetros de textura utilizados isoladamente para essa tarefa.

Na interface entre aprendizado de máquina e recursos hídricos, "Predição de Vazão em Pequenas Bacias com Aprendizado de Máquina", de Fuzikawa e Kaster, avalia modelos baseados em árvores de decisão e em redes recorrentes para prever a vazão em pequenas bacias hidrográficas a partir de dados de precipitação e evapotranspiração, identificando os modelos de árvores como os de melhor desempenho nos horizontes de previsão testados.

Na interface entre inteligência artificial e bioinformática, "Aprendizado de Máquina para Determinação de Bioindicadores em Biorreatores", de Braga, da Rocha e Santos, propõe um pipeline de aprendizado de máquina para identificar, a partir da abundância relativa de Unidades Taxonômicas Operacionais, microrganismos bioindicadores capazes de prever a produção de biogás em biorreatores.

Encerrando os anais, "Inteligência Artificial, Proteção da Fauna e Incentivos Ambientais: Perspectivas para a Agropecuária Sustentável no Litoral do Paraná", de Fransozi e Antunes,

amplia o escopo temático do simpósio ao discutir, sob uma perspectiva jurídica, como a Inteligência Artificial pode apoiar tanto o manejo de animais de produção quanto a proteção da fauna silvestre no litoral paranaense, propondo a articulação entre inovação tecnológica e instrumentos econômicos de incentivo ambiental. O trabalho mostra como a reflexão sobre IA no agro também dialoga com o Direito Ambiental e com políticas públicas de sustentabilidade.

Gostaríamos de agradecer a todos os participantes, autores e avaliadores que contribuíram para o sucesso deste simpósio. Nosso agradecimento especial ao comitê organizador e às instituições que apoiaram o evento, tornando possível a realização deste encontro.

Esperamos que estes anais sirvam como fonte de inspiração e referência para futuras pesquisas e aplicações de Inteligência Artificial no Agro. Que as ideias aqui apresentadas impulsionem novas descobertas e colaborações na busca por soluções inovadoras para os desafios do agronegócio.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Bruno Bogaz Zarpelão (Universidade Estadual de Londrina)
Natássya Floro da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Comissão Científica

Coordenadores:
- Bruno Bogaz Zarpelão (Universidade Estadual de Londrina)
- Natássya Floro da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Membros:
- Anderson Paulo Avila Santos (Universidade Estadual de Londrina)
- Antonio Rafael Sabino Parmezan (Universidade Estadual de Londrina)
- Daniel dos Santos Kaster (Universidade Estadual de Londrina)
- Davi Pereira dos Santos (Universidade Estadual de Londrina)
- Evandro Baccarin (Universidade Estadual de Londrina)
- Fabrício Martins Lopes (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
- Felipe Kenji Nakano (Universidade Estadual de Londrina)
- Fernanda Neves Paduan (Universidade Estadual de Londrina)
- Gilberto Fernandes Junior (Universidade Estadual de Londrina)
- Jose Luis Seixas Junior (Universidade Estadual de Londrina)
- Larissa Capobianco Shimomura (Universidade Estadual de Londrina)
- Marcelo Giovanetti Canteri (Universidade Estadual de Londrina)
- Maurício Conrado Meyer (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

Sumário

Arquitetura Expandida para Gestão e Ingestão de Dados Agrometeorológicos no Paraná ***(J. P. O. Ferraz et al.)*** **8**

Triagem de Séries Temporais Agrometeorológicas Baseada em Métricas de Previsibilidade ***(G. P. de Souza e B. B. Zarpelão)*** **10**

Detecção Automática da Cigarrinha-do-Milho (Dalbulus maidis) em Armadilhas Adesivas Utilizando Arquitetura YOLO ***(M. X. Magalhães et al.)*** **12**

Desenvolvimento de coletor de esporos de Phakopsora pachyrhizi e microscópio automatizado para aquisição de imagens de microscopia ***(C. A. D. Batista et al.)*** **14**

Uma Abordagem Baseada em SimpleViT para Classificação de Esporos Fúngicos e Análise de Explicabilidade ***(G. Y. Yamada et al.)*** **16**

Sistemas para Alerta de Ferrugem baseados em Modelos de Dispersão e Machine Learning ***(M. V. P. Dias et al.)*** **18**

Geração de imagens por inteligência artificial na construção de escalas diagramáticas para a antracnose do morangueiro ***(A. A. C. Santos et al.)*** **20**

Assistente Virtual: desenvolvimento de um chatbot com modelos de linguagem e RAG ***(H. E. M. Takemoto e E. Baccarin)*** **22**

Desenvolvimento de benchmark especializado para avaliação de grandes modelos de linguagem (LLMs) em fitossanidade ***(A. A. C. Santos e M. G. Canteri)*** **24**

Framework de Anonimização com Modelagem de Confiança para Compartilhamento de Dados no Agronegócio ***(G. Possari e B. B. Zarpelão)*** **26**

Lean API Penetration Testing (LEAP): um processo simplificado de pentest para equipes com recursos limitados ***(D. K. Marana e B. B. Zarpelão)*** **28**

Detecção de adulteração no leite por meio de inteligência artificial ***(J. I. E. Sanches et al.)*** **30**

Avaliação preliminar de algoritmos de aprendizado de máquina para classificação de hambúrgueres bovinos contendo proteína de soja utilizando parâmetros instrumentais de textura ***(A. G. Bossi e R. Fagnani)*** **32**

Predição de Vazão em Pequenas Bacias com Aprendizado de Máquina ***(L. D. Fuzikawa e D. S. Kaster)*** **34**

Aprendizado de Máquina para Determinação de Bioindicadores em Biorreatores ***(G. N. Braga et al.)*** **36**

Inteligência Artificial, Proteção da Fauna e Incentivos Ambientais: Perspectivas para a Agropecuária Sustentável no Litoral do Paraná ***(V. F. Fransozi e G. do Rozário Antunes)*** **38**

Resumos

Arquitetura Expandida para Gestão e Ingestão de Dados Agrometeorológicos no Paraná

João Pedro Oliveira Ferraz[1,2], Ana Paula Barbosa Pereira[1,2], Daniel S. Kaster[1,2]

[1]Departmento de Computação, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil.

[2]Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA Agro).

{joao.pedro.ferraz, ana.barbosa.pereira, dskaster}@uel.br

A gestão eficiente de dados agrometeorológicos é um desafio central para a agricultura moderna, especialmente em regiões de alta variabilidade climática como o estado do Paraná. A ausência de uma infraestrutura robusta e interoperável de dados limita o uso de modelos preditivos e sistemas de apoio à decisão, ocasionando em esforços repetitivos e laboriosos de aquisição e tratamento de dados. Este trabalho apresenta a expansão e o aprimoramento de uma arquitetura de ingestão e gestão de dados agrometeorológicos, com foco na eficiência técnica, na padronização científica e no apoio direto à tomada de decisão no campo. A arquitetura original, construída sobre Apache Airflow, Apache NiFi e PostGIS, foi aprimorada para otimizar precisão, escalabilidade e interoperabilidade. O Apache NiFi é responsável pela coleta, transformação e distribuição dos dados em tempo real, enquanto o Apache Airflow gerencia e orquestra os pipelines de processamento. A primeira melhoria significativa foi a padronização dos metadados com base no perfil ISO 19115 (ISO, 2014), assegurando interoperabilidade e reuso científico dos conjuntos de dados. Em seguida, a integração entre Airflow e NiFi foi aprimorada via API REST, permitindo o controle programático e a automação de fluxos de dados complexos (Data Science Team, 2019). Para garantir segurança, balanceamento de carga e resiliência, o Traefik (Containous, 2019) foi incorporado como proxy reverso, possibilitando o suporte simultâneo a múltiplos projetos e o escalonamento dinâmico da arquitetura. O impacto científico e prático dessa infraestrutura reside na criação de uma base de dados limpa, padronizada e continuamente atualizada, que serve de alicerce para o desenvolvimento de aplicações de Inteligência Artificial (IA) e análise preditiva. Ao garantir qualidade, rastreabilidade e acessibilidade, a arquitetura potencializa a geração de conhecimento e facilita o desenvolvimento de modelos voltados à aplicações como previsão de safras, manejo de irrigação e alertas fitossanitários. Complementando a camada de gestão, foi desenvolvida uma interface web interativa para visualização e análise espacial dos dados, utilizando React e React-Leaflet (Leaflet, 2025). O sistema foi concebido com uma arquitetura modular, de modo que novas camadas de dados possam ser incorporadas sem exigir modificações estruturais no restante da aplicação. Os dados são representados em formato GeoJSON, com estilização dinâmica. A interface permite visualização por período específico, busca temporal e análise simultânea de múltiplas camadas de informação. Dessa forma, o sistema apoia pesquisadores e técnicos na análise de dados agrometeorológicos e na tomada de decisões.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária pelo financiamento.

Referências Bibliográficas

Containous (2019) "Traefik: The Cloud Native Edge Router", In: Modern Reverse Proxy and Load Balancer for Microservices, https://traefik.io/, Traefik Labs, France.

Data Science Team (2019) "Interconnecting Airflow with a NiFi ETL Pipeline", Medium Data Science Publication, https://medium.com/data-science/interconnecting-airflow-with-a-nifi-etl-pipeline-8abea0667b8a, Accessed September 2025.

ISO (International Organization for Standardization) (2014) "ISO 19115-1:2014 - Geographic information — Metadata — Part 1: Fundamentals", International Standard, Geneva, Switzerland.

Leaflet (2025) "Leaflet - an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps", https://leafletjs.com, Accessed September 2025.

Triagem de Séries Temporais Agrometeorológicas Baseada em Métricas de Previsibilidade

Gabriel Peres de Souza[1], Bruno Bogaz Zarpelão[1]

[1]Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{gabriel.peres.souza,brunozarpelao}@uel.br

A facilitação em coletar dados, proveniente da automação e adição de sensores em mecanismos e estruturas agrícolas, traz consigo a geração de grandes quantidades de séries temporais a serem estudadas e modeladas por analistas. Com o objetivo de apoiar a tomada de decisões, é comum aplicar modelos de previsão a essas séries, propósito que incentivou a criação do ConsistencIA, sistema desenvolvido pelo CIA-Agro a fim de realizar predições de séries temporais e detecção de anomalias nos sensores de campo do IDR-Paraná. No entanto, o treinamento desses modelos pode exigir um custo computacional elevado, dilema que pode ser sentido na utilização do próprio ConsistencIA. Diante desse cenário, nem sempre é viável construir modelos para todas as séries, e torna-se importante identificar previamente quais apresentam maior potencial de previsibilidade. Pensando nisso, neste trabalho, propõe-se utilizar a previsibilidade estimada por medidas de entropia e complexidade para realizar uma triagem prévia à modelagem, sob a hipótese de que maior entropia implica menor previsibilidade e maior erro preditivo. No estudo, foram utilizadas métricas que extraem características distintas de cada série, a fim de correlacionar diferentes atributos com a noção de previsibilidade. A entropia de Shannon mede a incerteza sem considerar a ordem temporal; a entropia de permutação capta a dinâmica temporal via padrões ordinais; a complexidade de Lempel-Ziv quantifica previsibilidade pela compressibilidade; e o MSE-CI capta irregularidades de curto e longo prazo. Para testar a hipótese, avaliou-se a correlação, utilizando os métodos de Spearman e Kendall, das quatro métricas descritas com o WAPE (*Weighted Absolute Percentage Error*) de predições feitas com modelos ARIMA – arquitetura escolhida por sua tradicionalidade estatística e relativa leveza na geração de modelos – em 30 séries temporais coletadas dos sensores agrometeorológicos do IDR-Paraná, separadas em janelas de 1, 3 e 7 dias. Vale destacar que as séries foram selecionadas estrategicamente de modo a abranger diferentes comportamentos e cenários, com tendências, sazonalidades e ruídos distintos entre si. Quanto aos resultados, a complexidade de Lempel-Ziv apresentou a associação mais consistente com o WAPE, com correlações de Spearman fortes a muito fortes nas três janelas (ρ = 0,608; 0,745; 0,742), sugerindo que séries mais complexas tendem a maior erro. A entropia de permutação também se relacionou positivamente ao erro, com destaque para séries de 1 dia (τ = 0,584, forte). A entropia de Shannon, por sua vez, correlacionou-se negativamente e de forma forte com o WAPE na janela de 1 dia (ρ = -0,614), tornando-se menos relevante nas janelas de 3 e 7 dias. O MSE-CI mostrou associação moderada a forte, com pico nas séries de 7 dias (ρ = 0,600), mas desempenho oscilante nas demais. Em conjunto, esses resultados indicam que a complexidade de Lempel-Ziv é a métrica mais promissora para estimar a previsibilidade de uma série, enquanto permutação, MSE-CI e Shannon oferecem sinais complementares. Como próximos passos, pretende-se ampliar o número de séries

analisadas, além de investigar combinações das métricas de entropia em um índice único de previsibilidade e validar sua aplicação como critério de triagem dentro do próprio ConsistencIA.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro e ao IDR-Paraná pelo apoio para o desenvolvimento do projeto.

Referências Bibliográficas

AIORDACHIOAIE, Dorel; POPESCU, Theodor D. Aspects of time series analysis with entropies and complexity measures. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS (ISETC), 2020. Anais... IEEE, 2020. p. 1-4. DOI: https://doi.org/10.1109/ISETC50328.2020.9301111.

DANG, Minling et al. Human mobility: prediction and predictability. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS AND OTHER AFFILIATED EVENTS (PERCOM WORKSHOPS), 2024. Anais... IEEE, 2024. p. 445-448. DOI: https://doi.org/10.1109/PerComWorkshops59983.2024.10502436.

LADYMAN, James; LAMBERT, James; WIESNER, Karoline. What is a complex system? European Journal for Philosophy of Science, v. 3, n. 1, p. 33-67, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s13194-012-0056-8.

MOHAMMADI, Mehdi et al. Deep learning for IoT big data and streaming analytics: a survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 20, n. 4, p. 2923-2960, 2018. DOI: https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2844341.

ZHANG, Hong; HE, Sha-sha. Analysis and comparison of permutation entropy, approximate entropy and sample entropy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER, CONSUMER AND CONTROL (IS3C), 2018. Anais... IEEE, 2018. p. 209-212. DOI: https://doi.org/10.1109/IS3C.2018.00060.

Detecção Automática da Cigarrinha-do-Milho (*Dalbulus maidis*) em Armadilhas Adesivas Utilizando Arquitetura YOLO

Messias Xavier Magalhães[1], Juliana Costa-Silva[1], Lucas Otávio L. Silva[1], Cesar Augusto Dias Batista[1], Antonio Carlos F. da Silva[1], Edivan José Possamai[2], Fabricio M. Lopes[1]

[1]Departmento de Computação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio-PR

[2]Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná
Unidade Regional de Pato Branco

{lucasotavio, messiasmagalhaes, cesarb}@alunos.utfpr.edu.br,
julianacostasilvati@gmail.com, {antonio, fabricio}@utfpr.edu.br,
edivanjp@idr.pr.gov.br

A identificação de pragas é um desafio da agricultura, especialmente na produção de grãos. A cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis*, tornou-se uma das pragas mais relevantes nas lavouras de milho, como vetor eficiente na transmissão dos patógenos do complexo de enfezamento do milho, que gera perdas de produtividade das lavouras no Brasil. A identificação precoce da presença desse inseto nas lavouras pode ser determinante para a prevenção e manejo dessas doenças. Contudo, algumas técnicas para identificação de pragas em lavouras já foram propostas na literatura: Souza et al. (2019) analisaram imagens de diversas pragas, entre elas o *Dalbulus maidis*, enquanto Wang et al. (2023) desenvolveram um modelo de Rede Neural Convolucional de três camadas com mecanismo de atenção (TSCNNA) para a identificação de pragas comuns, embora não avaliaram especificamente a identificação do *Dalbulus maidis*. Todavia, ainda há necessidade de aprimorar especificamente a identificação do *Dalbulus maidis* a partir de dados coletados em armadilhas adesivas posicionadas na plantação, sendo o grande desafio distinguir o inseto dos demais detritos e insetos presentes nas imagens capturadas pelas armadilhas. Considerando que essas imagens são obtidas por meio de dispositivos móveis, como smartphones, e podem apresentar variações de luminosidade e de resolução. Este trabalho propõe um método de detecção que utiliza aprendizado profundo (*Deep Learning* — DL) para a detecção e localização de *Dalbulus maidis* em imagens de armadilhas adesivas dispostas na plantação. O conjunto de dados inicial conta com 736 imagens de armadilhas, sendo 547 capturadas no Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), em Londrina-PR, e 189 na Fundação ABC, em Castro-PR. Para a validação do modelo, aplicou-se a estratégia de divisão aleatória entre treino e teste (*train-test split*) na proporção de 70% para treinamento, 15% para teste e 15% para validação, garantindo a representatividade das fontes de dados em ambas as etapas. A solução foi implementada em Python, utilizando detecção de objetos baseada no modelo de DL YOLO (*You Only Look Once*). Também foi desenvolvida uma ferramenta web para análise e anotação de pragas, que permite ao usuário submeter imagens de armadilhas e visualizar as detecções diretamente no navegador. Essa ferramenta utiliza o pacote *onnxruntime-web* para executar o modelo, previamente exportado no formato ONNX (*Open Neural Network Exchange*), no lado

do cliente, dispensando o envio das imagens a um servidor externo. Também foi desenvolvida uma API utilizando o framework Flask, responsável por expor o mesmo modelo para cenários de integração entre sistemas, retornando as coordenadas das caixas delimitadoras e a contagem de indivíduos por classe em formato JSON. Os resultados do modelo YOLO26s proposto alcançaram 73,7% de precisão, 49,2% de recall, mAP@50 de 46,2% e mAP@50–95 de 20,2%, com tempo médio de inferência de 6,7 ms por imagem. Embora o *recall* evidencie dificuldades na detecção de insetos sobrepostos, danificados e sob diferentes condições de iluminação, o baixo tempo de processamento permite análises frequentes das armadilhas, o que reduz o impacto dos falsos negativos e torna a solução adequada para monitoramento e apoio o manejo fitossanitário em campo.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação Araucária - NAPI - CIA-Agro (138/2021) e pelo CNPq, processos 440412/2022-6 e 408312/2023-8.

Referências Bibliográficas

OLIVEIRA, Charles Martins de; FRIZZAS, Marina Regina. Eight Decades of Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What We Know and What We Need to Know. Neotropical Entomology, v. 51, n. 1, p. 1–17, 2021.

SOUZA, Witenberg S. R.; ALVES, Adao Nunes; BORGES, Dibio Leandro. A deep learning model for recognition of pest insects in maize plantations. In: 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC). [s.l.]: IEEE, 2019, p. 2285–2290. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/smc.2019.8914428>. Acesso em: 22 Jul. 2026.

WANG, Xuqi; ZHANG, Shanwen; WANG, Xianfeng; et al. Crop pest detection by three-scale convolutional neural network with attention. PLOS ONE, v. 18, n. 6, p. e0276456, 2023.

Desenvolvimento de coletor de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* e microscópio automatizado para aquisição de imagens de microscopia

Cesar Augusto Dias Batista[2], Messias Xavier[1,2], Lucas Otávio L. Silva[1,2], Antonio Carlos Fernandes da Silva[2], Edivan Jose Possamai[3], Fabricio Martins Lopes[1,2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Bioinformática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

[2]Departamento de Computação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

[3]Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná
Unidade Regional de Pato Branco

{cesarb, messiasmagalhaes, lucasotavio}@alunos.utfpr.edu.br, {antonio, fabricio}@utfpr.edu.br, edivanjp@idr.pr.gov.br

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das principais doenças que afetam a cultura da soja no Brasil, podendo ocasionar perdas significativas de produtividade quando não monitorada e controlada adequadamente. Nesse contexto, o projeto Alerta Ferrugem do Paraná atua no monitoramento da ocorrência e dispersão de esporos do fungo, contribuindo para a tomada de decisão no manejo da doença e para o uso mais eficiente de defensivos agrícolas. Entretanto, a expansão do monitoramento apresentou limitações relacionadas à quantidade de coletores de esporos disponíveis e ao processo manual de leitura das lâminas microscópicas, caracterizado por atividades repetitivas, elevado tempo de execução e exposição prolongada à intensidade luminosa. Diante desse cenário, o trabalho aqui proposto teve por objetivo o desenvolvimento e aperfeiçoamento de coletores de esporos e de um sistema para um novo equipamento, agora inteiramente automatizado e de custo reduzido para leitura de lâminas de microscopia, visando aumentar a eficiência e a escalabilidade do monitoramento realizado pelo projeto Alerta Ferrugem. Para os coletores, foi desenvolvido um novo método de construção por meio de modelagem em software CAD e fabricação por impressão 3D, com adequações relacionadas ao escoamento do ar, redução de massa e otimização da geometria, em substituição aos modelos convencionais produzidos a partir de conexões e tubos de PVC. Os resultados obtidos indicaram uma melhoria de aproximadamente 40% na quantidade de material coletado pelo novo modelo em comparação ao coletor convencional. Também foi desenvolvido um novo modelo de microscópio, baseado em um mecanismo de movimentação dos eixos em X e Y com funcionamento similar ao de uma máquina CNC e eixo Z para ajuste de foco, permitindo o deslocamento controlado da lâmina nos eixos de análise e a realização automatizada da varredura da área definida. A automação possibilitou reduzir significativamente o tempo necessário para a leitura de cada lâmina, que anteriormente era de aproximadamente 45 minutos, passando para um intervalo de aproximadamente 8 a 14 minutos. Apesar da redução expressiva no tempo de análise, a

qualidade das imagens obtidas durante a leitura automatizada manteve-se próxima e equivalente à observada nos resultados obtidos com os microscópios utilizados anteriormente, demonstrando a viabilidade da solução desenvolvida. Dessa forma, os resultados contribuíram para o aperfeiçoamento do sistema de monitoramento da ferrugem asiática da soja, proporcionando maior eficiência na coleta de amostras e na análise microscópica, além de favorecer a escalabilidade do processo. As soluções desenvolvidas apresentam potencial para aprimorar o monitoramento da doença em diferentes condições de campo e, futuramente, serem adaptadas ao monitoramento de doenças em outras culturas agrícolas, como por exemplo aveia, milho e trigo.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio da Fundação Araucária - NAPI - CIA-Agro (138/2021) e do CNPq, da UTFPR-CP, do IDR (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná-Londrina) e a colaboração da EMBRAPA-Soja.

Referências Bibliográficas

BRADBURY, S. The Compound Microscope in England: 1650–1750. In: The Evolution of the Microscope. [s.l.] Elsevier, 1967. p. 36–67.

CAMPANA, A.; OPLUSTIL, G.; PAZ, C. Conceitos de automação na medicina laboratorial: revisão de literatura. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, v. 47, n. 2, p. 119–127, 2011.

COELHO, R. J. DE F. T. Design intraoperativo de implantes biomédicos individualizados. [s.l.] Dissertação (Mestrado em Design - Produto) - Escola Superior de Artes e Design, 5 dez. 2012.

GODOY, C.V.; ALMEIDA, A.M.R.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.; DIAS, W.P.; SEIXAS, C.D.S.; SOARES, R.M.; HENNING, A.A.; YORINORI, J.T.; FERREIRA, L.P.; SILVA, J.F.V.; Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Org.). Manual de Fitopatología: v. 2. Doenças das plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Ceres, 2016. p. 657-675.

IDR-PARANÁ (Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IAPAR EMATER). Alerta Ferrugem conquista produtores de soja do estado. 18 jan. 2021. Disponível em: https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Alerta-Ferrugem-conquista-produtores-de-soja-do-estado.

Uma Abordagem Baseada em SimpleViT para Classificação de Esporos Fúngicos e Análise de Explicabilidade

Gustavo Yudi Yamada[2], Lucas Otávio L. Silva[1,2], Messias Xavier[1,2], Cesar Augusto Dias Batista[2], Antonio Carlos Fernandes da Silva[2], Edivan Jose Possamai[3], Fabricio Martins Lopes[1,2]

[1]Programa de Pós-Graduação em Bioinformática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

[2]Departamento de Computação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio-PR

[3]Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, IDR-Paraná
Unidade Regional de Pato Branco-PR

{gustavoyudi, lucasotavio, messiasmagalhaes, cesarb}@alunos.utfpr.edu.br, {antonio, fabricio}@utfpr.edu.br, edivanjp@idr.pr.gov.br

Em fevereiro de 2026, a produção brasileira de trigo e soja atingiu cerca de 173,3 milhões de toneladas e 7,7 milhões de toneladas, respectivamente, e o valor combinado da produção de trigo e soja totalizou R$ 350,71 bilhões. Apesar da importância dessas culturas para o Brasil, os agricultores ainda não conseguem controlar eficazmente as doenças, em particular as fúngicas, o que resulta em perdas significativas na quantidade e na qualidade dos grãos. A identificação dessas doenças era inicialmente realizada por especialistas em campo. No entanto, trata-se de uma tarefa complexa e demorada. Com o tempo, surgiram soluções de visão computacional e de reconhecimento de padrões, mas elas se concentravam na detecção de alterações morfológicas após a planta já ter sido afetada. Como os esporos fúngicos, estruturas reprodutivas microscópicas, são dispersos rapidamente pelo vento, propôs-se uma solução: utilizar modelos de aprendizado profundo para detectar esporos fúngicos antes que as plantas sejam infectadas, possibilitando a ação do agricultor antes que as plantas adoeçam e evitando o uso desnecessário de fungicidas. Este trabalho propõe uma abordagem que utiliza um modelo baseado na arquitetura SimpleViT para classificar esporos de quatro tipos de fungos: *Phakopsora pachyrhizi, Microsphaera diffusa*, *Peronospora manshurica* e *Puccinia triticina*. Dessa forma, seis modelos foram treinados com diferentes configurações, combinando segmentação, data augmentation e aleatorização de fundo para melhorar o desempenho e reduzir o aprendizado por atalhos (shortcut learning), sendo avaliados em dois conjuntos de dados: o dataset limpo, que contém 33.127 imagens originais, fornecidas pelo IDR-Paraná, para avaliar o desempenho do modelo em cenários reais; e o dataset ruidoso, que contém as mesmas imagens originais, porém, cujo fundo foi substituído por ruído aleatório Gaussiano para analisar a invariância ao fundo do modelo. Para avaliar cada modelo, foram utilizadas métricas de classificação padrão (acurácia, precisão, recall, F1-score, MCC e AUC-ROC). Além disso, métodos de Inteligência Artificial Explicável (XAI) foram utilizados para avaliar o processo de tomada de decisão do modelo visando entender a confiabilidade do modelo, isto é,

analisar se o modelo aprendeu características biológicas dos esporos, ou se o modelo aprendeu padrões desnecessários resultando em um caso de aprendizado por atalhos. Além da análise qualitativa dos mapas de calor gerados, que destacam as regiões que mais contribuíram para a predição, uma avaliação quantitativa foi realizada por meio das métricas Energy Inside e Intersection over Union (IoU). Entre os modelos treinados, o modelo 2 (Weighted Random Sampler + aumento de dados) obteve o melhor desempenho no dataset limpo; o modelo 5 (mesma configuração + segmentação e ruído gaussiano de fundo) foi o melhor no dataset ruidoso; e o modelo 6 (treinado com imagens originais e alteradas) foi o mais equilibrado. A análise de XAI mostrou que os modelos sem segmentação e com fundo de ruído gaussiano exploravam mecanismos de aprendizado por atalhos, enquanto os modelos que os utilizaram focavam mais na região do esporo. Consequentemente, a segmentação, combinada com um fundo de ruído gaussiano, melhorou tanto o desempenho de classificação quanto o foco biológico do modelo.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação Araucária - NAPI - CIA-Agro (138/2021) e pelo CNPq, processos 440412/2022-6 e 408312/2023-8.

Referências Bibliográficas

Barbedo, J. G. A. (2016) “A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images”, Biosystems Engineering, 144, p. 52–60.

Guelfi, J., Silva, L., Magalhães, M., Batista, C., Possamai, E. and Lopes, F. (2024) “Evaluation of deep learning approaches in the identification and classification of fungal spores from microscopy slides”, In: Anais do XVIII Brazilian e-Science Workshop (BreSci 2024), Florianópolis, SC, Brasil, p. 72–79.

Ministério da Agricultura e Pecuária (2026) “Agropecuária Brasileira em Números - fevereiro de 2026”, https://www.gov.br/agricultura/.

Van Tu, N., Long, P. N. H. and Viet, V. H. (2025) “xAI-CV: An Overview of Explainable Artificial Intelligence in Computer Vision”, arXiv preprint arXiv:2509.18913.

Wang, P. (2020) “Simple ViT implementation in PyTorch”, https://github.com/lucidrains/vit-pytorch

Sistemas para Alerta de Ferrugem baseados em Modelos de Dispersão e Machine Learning

Marcos V. P. Dias[1], Eduardo Conselvan Trautwein[1], Renan Jusan Fernandes Azevedo[1]

[1]Departamento de ... – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{marcosvinicius.pretti,eduardo.trautwein,renan.jusan.fazevedo}@uel.br

O manejo da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) depende do momento correto para aplicação de fungicidas. Aplicações antecipadas geram custos desnecessários, enquanto aplicações tardias reduzem a eficácia e acarretam perdas de produtividade (Godoy et al., 2016). Os métodos tradicionais de monitoramento, como coletores de esporos e redes de observação a campo, exemplificados pela rede Alerta Ferrugem no Paraná, são eficazes para a detecção precoce, mas apresentam limitações por não terem foco preditivo: informam apenas onde a doença já foi detectada, sem indicar a previsão de sua chegada às regiões; outros trabalhos na área têm foco preditivo diferente (Del Ponte et al., 2006; Beruski et al., 2020; Kumar et al., 2021; Pulcinelli e Del Ponte, 2021). Para resolver essa lacuna, foram desenvolvidos dois modelos complementares, que serão integrados como camadas de alerta preditivo à plataforma de mapas do CIA-Agro. Ambos utilizam a mesma base de dados regional e o mesmo pipeline de ingestão, orquestrado pelo Apache Airflow, que consolida dados de semeadura do Paraná, dados de chuva processados pelo CPTEC e o histórico georreferenciado de ocorrências da rede Alerta Ferrugem. O primeiro módulo emprega o modelo *Directional Growth Graph* (DGG), desenvolvido para prever a dispersão espaço-temporal dos *urediniósporos* da ferrugem asiática. O DGG aprende padrões direcionais de propagação diretamente a partir do histórico de detecções da rede Alerta Ferrugem. Com essas informações, o modelo constrói um grafo que representa as principais rotas de disseminação dos esporos, capturando comportamentos anisotrópicos observados em safras anteriores. Dessa forma, o sistema antecipa a expansão espacial da doença, estimando as regiões com maior probabilidade de receber esporos nos dias subsequentes. O modelo apresenta 100% de recall, erro temporal de chegada de esporos de 1,96 dias, gera frentes de propagação espacialmente coerentes e reduz os falsos positivos, atingindo 0,56 de F1 score em comparação a 0,35 do estado da arte, consolidando-se como ferramenta eficiente para monitoramento em larga escala. O segundo módulo prevê a ocorrência da doença nas lavouras por meio de um modelo híbrido, composto por um classificador binário e um regressor temporal. O fluxo desse módulo coleta e processa dados de semeadura do Governo do Paraná e dados meteorológicos do CPTEC, disponibilizando-os para inferência do modelo. O classificador estima diariamente, entre 0 e 1, a probabilidade de infecção com base em informações recentes de precipitação, enquanto o regressor prevê o número de dias restantes até a provável detecção da ferrugem, considerando fatores agronômicos como dias após o plantio, estádio fenológico e localização. As saídas dos dois modelos são combinadas em uma estratégia de decisão baseada em limiares independentes: um para o classificador, entre 0 e 1, que indica a partir de qual valor aquele dia é considerado uma potencial infecção, e outro para o regressor, que indica a janela de tempo para a

infecção se a predição positiva do classificador estiver dentro desse limiar; a potencial infecção é confirmada. Os resultados obtidos alcançaram 0,8 de F1-score e, temporalmente, apresentaram um erro médio de 6,82 dias na previsão da chegada da doença. Os modelos foram incorporados ao sistema de mapas, no qual cada região pode ser visualizada conforme a situação epidemiológica prevista.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

Beruski, G. C., Del Ponte, E. M., Pereira, A. B., Gleason, M. L., Câmara, G. M., Araújo Junior, I. P. and Sentelhas, P. C. (2020) "Performance and profitability of rain-based thresholds for timing fungicide applications in soybean rust control", *Plant Disease*, 104 (10), p. 2704–2712. doi:10.1094/PDIS-01-20-0210-RE.

Del Ponte, E. M., Godoy, C. V., Li, X. and Yang, X. B. (2006) "Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models", *Phytopathology*, 96 (7), p. 797–803. doi:10.1094/PHYTO-96-0797.

Godoy, C. V., Seixas, C. D. S., Soares, R. M., Marcelino-Guimarães, F. C., Meyer, M. C. and Costamilan, L. M. (2016) "Asian soybean rust in brazil: past, present, and future", *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51 (5), p. 407–421. doi:10.1603/IPM11001.

Kumar, V., Singh, R. and Pandey, A. (2021) "Machine learning applications in agriculture: A review and roadmap for sustainable crop production", *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106418. doi:10.1016/j.compag.2021.106418.

Pulcinelli, F. and Del Ponte, E.M. (2021) "Improving environmental favorability models for asian soybean rust with high-resolution weather data", *International Journal of Biometeorology*, 65, p. 189–202. doi:10.1007/s00484-020-01942-3.

Geração de imagens por inteligência artificial na construção de escalas diagramáticas para a antracnose do morangueiro

Antonio Augusto C. Santos[1,2], Helen C. Paiva[1], Maria Isabel Balbi Peña[1], Marcelo G. Canteri[1,2]

[1]Departamento de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR

[2]Centro de Inteligência Artificial no Agro, Londrina-PR

{antonio.chsantos, helen.cristina, mariabalbi, canteri}@uel.br

A quantificação precisa de doenças foliares é fundamental no manejo fitossanitário do morangueiro (*Fragaria* × *ananassa*), no qual a antracnose (*Colletotrichum* sp.) causa expressivas perdas (Menezes Jr. e Silva, 2023). Embora escalas diagramáticas (SADs) melhorem a acurácia visual (Nutter Jr. e Schultz, 1995), sua confecção enfrenta gargalos na obtenção de imagens de campo que cubram continuamente o gradiente da doença (Madden et al., 2007). Modelos de inteligência artificial oferecem uma alternativa promissora ao sintetizar tecidos vegetais sob demanda (Wang et al., 2025). O objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar duas SADs com o auxílio de IA para avaliar a severidade da antracnose foliar em morangueiro, comparando uma progressão logarítmica e uma linear. Foram coletadas folhas inoculadas e processadas no programa ImageJ para determinação do percentual real de área lesionada. Imagens sintéticas de morangueiro com sintomas típicos de antracnose foram geradas no GPT-5 empregando técnicas de prompt tuning e few-shot prompting, utilizando imagens reais anotadas para condicionar a acurácia dos padrões visuais (Muhammad et al., 2023). Oito níveis de severidade (0,1% a 85,45%) foram definidos para a SAD 1 (logarítmica) e SAD 2 (linear), validados com o software PhotoImpression. A validação visual reuniu 44 avaliadores inexperientes estimando a severidade em 45 folhas de morangueiro, inicialmente sem auxílio visual e posteriormente utilizando uma das SADs. A análise estatística via modelos mistos lineares e o coeficiente de concordância de Lin (LCC) demonstrou que as estimativas sem escala apresentaram forte superestimativa ($u = 0,41$) e menor concordância geral ($\rho c = 0,87$). O uso de ambas as SADs reduziu significativamente o vício e elevou a acurácia geral (SAD 1 $\rho c = 0,96$; SAD 2 $\rho c = 0,97$; $Cb \geq 0,99$), sem diferença estatística entre as progressões linear e logarítmica. Conclui-se que a IA generativa acoplada ao aprendizado few-shot permite confeccionar escalas diagramáticas fidedignas e de alta precisão. A adoção das escalas desenvolvidas melhora significativamente a acurácia e precisão de avaliadores, otimizando o monitoramento de doenças e ensaios de fungicidas na cultura do morangueiro.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo suporte financeiro ao projeto através das bolsas concedidas.

Referências Bibliográficas

Madden, L.V., Hughes, G. and van den Bosch, F. (2007) *The study of plant disease epidemics*, APS Press, St. Paul.

Menezes Jr., F.O.G. and Silva, P.F. (2023) *Cultivo do morangueiro em sistema semi-hidropônico*, Epagri, Florianópolis.

Muhammad, A., Salman, Z., Lee, K. and Han, D. (2023) “Harnessing the power of diffusion models for plant disease image augmentation”, *Frontiers in Plant Science*, v. 14, p. 1280496.

Nutter Jr., F.W. and Schultz, P.M. (1995) “Improving the accuracy and precision of disease assessments”, *Canadian Journal of Plant Pathology*, v. 17, p. 174-184.

Wang, C., Xia, Y., Xia, L., Wang, Q. and Gu, L. (2025) “Dual discriminator GAN-based synthetic crop disease image generation for precise crop disease identification”, *Plant Methods*, v. 21, art. 46.

Assistente Virtual: desenvolvimento de um chatbot com modelos de linguagem e RAG

Henry Eiji Maeda Takemoto[1], Evandro Baccarin[1]

[1]Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

henry.maedatakemoto@uel.br, bacarin@uel.br

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Assistente Virtual, um chatbot de inteligência artificial voltado ao contexto agrícola. Nesse domínio, informações sobre cultivos, manejo, clima e sanidade encontram-se dispersas em artigos, manuais, boletins técnicos e documentos institucionais; além de localizar a informação, é necessário preservar sua origem para permitir a conferência. O objetivo foi transformar o estudo de agentes conversacionais e Modelos de Linguagem Grandes em um protótipo capaz de manter diálogos e consultar, em português, informações presentes em documentos. O estudo abordou engenharia de prompts (OpenAI, s.d.), contexto conversacional, Geração Aumentada por Recuperação (RAG) (Lewis et al., 2020; Langchain, s.d.), embeddings e busca semântica (Reimers e Gurevych, 2019). A versão atual emprega Python, Streamlit e Supabase para interface, autenticação e persistência; acessa modelos de linguagem por NVIDIA AI Endpoints, com alternativa pela Groq, e integra-se ao Telegram. A especialização no Agro não decorre do treinamento de um modelo exclusivo, mas da recuperação de fontes agrícolas indexadas. Uma base global permite ao administrador disponibilizar documentos de interesse comum, enquanto a base pessoal associa os PDFs enviados ao respectivo usuário. Assim, podem ser reunidos manuais de culturas, boletins de manejo e outros materiais técnicos, e o assistente responde a questões sobre esses temas quando a informação está presente nos documentos cadastrados. A indicação do arquivo e da página utilizados torna a resposta verificável, aspecto importante em um domínio no qual orientações dependem da cultura, da região e das condições de produção. O sistema atua como ferramenta de consulta e não substitui a avaliação de um profissional habilitado. Os PDFs são extraídos e divididos em segmentos pais e filhos: trechos menores favorecem a localização precisa, enquanto passagens maiores fornecem contexto ao modelo. Os conteúdos são representados por embeddings e armazenados no PostgreSQL com pgvector do Supabase (Supabase, s.d.). Quando uma pergunta depende de mensagens anteriores, o histórico produz uma formulação autossuficiente. Em seguida, o módulo de recuperação gera variações semânticas da consulta, identifica eventual menção a um arquivo específico, pesquisa as bases global e pessoal, elimina resultados repetidos e reordena os trechos por relevância. As passagens selecionadas são incorporadas ao prompt, com instruções para priorizar os documentos e indicar a fonte consultada. O protótipo também implementa cadastro e login, conversas persistentes, envio e remoção de PDFs e indicação visual de respostas apoiadas em documentos. No Telegram, usuários vinculados acessam seus documentos pessoais, enquanto os demais consultam somente a base global, ampliando as possibilidades de acesso pelo celular. Como resultado, foi consolidado um protótipo que reúne interface, autenticação, persistência, recuperação semântica e geração de respostas em dois canais. O trabalho ainda não apresenta avaliação quantitativa da recuperação ou da qualidade das respostas. Como

continuidade, serão realizados testes controlados com documentos e perguntas do domínio agrícola, incluindo métricas de relevância, fidelidade e tempo de resposta, além da avaliação por especialistas da área.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo suporte financeiro ao projeto e as outras empresas que realizam parcerias com o CIA AGRO.

Referências Bibliográficas

Langchain (s.d.) "Retrieval", LangChain Documentation. Disponível em: https://docs.langchain.com/oss/python/langchain/retrieval.

Lewis, P. et al. (2020) "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks", *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 33. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2005.11401.

OpenAI (s.d.) "Prompt engineering best practices for ChatGPT", OpenAI Help Center. Disponível em: https://help.openai.com/en/articles/10032626-prompt-engineering-best-practices.

Reimers, N. and Gurevych, I. (2019) "Sentence-BERT: Sentence Embeddings using Siamese BERT-Networks", *Proceedings of EMNLP-IJCNLP*, p. 3982-3992. DOI: https://doi.org/10.18653/v1/D19-1410.

Supabase (s.d.) "pgvector: Embeddings and vector similarity", Supabase Docs. Disponível em: https://supabase.com/docs/guides/database/extensions/pgvector.

Desenvolvimento de benchmark especializado para avaliação de grandes modelos de linguagem (LLMs) em fitossanidade

Antonio Augusto C. Santos[1,2], Marcelo G. Canteri[1,2]

[1]Departamento de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR

[2]Centro de Inteligência Artificial no Agro, Londrina-PR

{antonio.chsantos; canteri}@uel.br

A rápida integração de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) na agricultura levanta questionamentos sobre a confiabilidade técnica desses sistemas em domínios críticos. Em áreas sensíveis como a fitossanidade, erros de recomendação (alucinações) podem resultar em falhas severas de manejo, fitotoxidez nas lavouras e perdas econômicas imensuráveis. Diante desse cenário, a avaliação rigorosa do conhecimento agronômico embutido em Grandes Modelos de Linguagem (LLMs) torna-se indispensável. O presente trabalho teve como objetivo central desenvolver e estruturar um benchmark técnico e metodológico, no formato Closed-Book, voltado à avaliação de LLMs nas áreas de Fitopatologia, Entomologia, Plantas Daninhas e Nematologia. A metodologia delineada dividiu-se em três etapas principais: (1) Curadoria do Corpus: Seleção e extração sistemática de conceitos universais a partir de literatura científica consolidada e manuais de referência na área de fitossanidade; (2) Avaliação do Corpus por especialistas doutores: O corpus restante foi avaliado quanto à qualidade da informação, relevância prática e precisão por especialistas doutores nas áreas citadas para a elaboração de questões tecnicamente representativas dos desafios reais de campo; e (3) Estruturação do Gabarito: Formulação de respostas esperadas desmembradas em checklists atômicos (critérios binários de presença/ausência para cada conceito técnico-chave exigido), mitigando qualquer viés interpretativo. O resultado primário desta pesquisa é a consolidação de um dataset padronizado e inédito em formato JSONL, composto por 104 questões discursivas de alta complexidade. Esse formato foi desenhado especificamente para viabilizar a execução ágil de testes automatizados e a posterior correção via abordagem LLM-as-a-Judge (Chang et al., 2024; Vizniuk et al., 2025), eliminando a subjetividade da correção manual e garantindo total reprodutibilidade nas métricas de acurácia e completude. Conclui-se que o benchmark desenvolvido fornece à comunidade científica e agronômica uma ferramenta auditável e escalável, estabelecendo um protocolo padrão de segurança e confiabilidade para a validação e futura implementação de assistentes virtuais no ecossistema do agronegócio.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo suporte financeiro ao projeto através das bolsas concedidas.

Referências Bibliográficas

CHANG, Y. et al. A Survey on Evaluation of Large Language Models. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, New York, v. 15, n. 3, p. 1-45, Mar. 2024.

VIZNIUK, A. et al. A Comprehensive Survey of Retrieval-Augmented Large Language Models for Decision Making in Agriculture: Unsolved Problems and Research Opportunities. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, v. 15, 2025.

Framework de Anonimização com Modelagem de Confiança para Compartilhamento de Dados no Agronegócio

Guilherme Possari[1], Bruno Bogaz Zarpelão[1]

[1]Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{guilherme.possari, brunozarpelao}@uel.br

Mesmo com a LGPD em vigor, o compartilhamento de dados no agronegócio ainda enfrenta desafios na relação entre produtores rurais e os agentes que utilizam seus dados. Em muitos casos, os produtores têm visibilidade limitada sobre como seus dados são utilizados e pouco controle sobre os fluxos de entrada e saída. Ao mesmo tempo, organizações interessadas, incluindo agências governamentais, costumam preferir o acesso aos dados brutos, pela maior utilidade analítica, o que reduz a atenção a riscos como a reidentificação. Diante desse cenário, este trabalho desenvolve um *framework* de apoio à escolha de técnicas de preservação de privacidade, voltado a quem assume o papel de curador. A base teórica reúne os principais modelos de privacidade para dados tabulares (k-anonimato, l-diversidade, t-proximidade), métodos como supressão e agregação, e privacidade diferencial (Arshad e Asghar, 2025). A lógica de decisão está traduzida em fluxogramas que consideram o tipo de dado, o nível de confiança do agente solicitante e a prioridade definida pelo produtor. A decisão ocorre a cada requisição, dentro de uma arquitetura já definida, que o *framework* não determina. O ARX (Prasser et al., 2020) foi selecionado como ambiente de aplicação, por permitir configurar hierarquias de generalização e comparar modelos sobre um mesmo conjunto de dados. O *framework* está sendo construído sobre um cenário fictício de compartilhamento de dados agrícolas, em que o receio de vazamento costuma travar a colaboração, problema também tratado por Zafar et al. (2025). A arquitetura estudada tem quatro elementos: sensores de coleta na propriedade rural, o produtor rural como titular dos dados, uma API (*Application Programming Interface*) central que atua como curadora e usuários externos, como *agritechs*, cooperativas e grupos de pesquisa. Cada agente é classificado por nível de confiança, seguindo os modelos de privacidade confiável, semi-confiável e não confiável (Arshad e Asghar, 2025). A API central é confiável, por operar sob controle institucional direto e aplicar a anonimização antes de qualquer liberação. Os usuários externos são semi-confiáveis, com interesses que podem divergir do produtor. Os sensores, inicialmente confiáveis, estão sob avaliação: se operados por terceiros, o controle do *firmware* pode exigir reclassificação, estendendo a anonimização à coleta. Três abordagens de curadoria foram comparadas. No centralizado, a anonimização ocorre em um único ponto de controle, o que simplifica a auditoria mas cria um ponto único de falha, limitação apontada por Wu e Konstantinidis (2025). No *clean room*, o usuário externo recebe apenas o resultado de consultas, nunca o dado bruto, ao custo de um motor de consultas mais complexo. No federado, os dados nunca saem da propriedade rural, oferecendo privacidade máxima por design, com maior complexidade de implementação. O centralizado foi escolhido para detalhamento por se ajustar a um curador institucional único, condição já presente no cenário, e por viabilizar validação com os recursos disponíveis; os demais ficam como trabalho futuro. As próximas etapas são a aplicação das técnicas no ARX e a

validação sobre o cenário descrito, entregando um processo documentado e replicável, aplicável a cenários com diferentes níveis de confiança e recursos limitados.

Referências Bibliográficas

PRASSER, Fabian; EICHER, Johanna; SPENGLER, Helmut; BILD, Raffael; KUHN, Klaus A. Flexible data anonymization using ARX: current status and challenges ahead. Software: Practice and Experience, [S.l.], v. 50, n. 7, p. 1277-1304, 2020.

ARSHAD, Razi; ASGHAR, Muhammad Rizwan. Characterization and quantification of user privacy: key challenges, regulations, and future directions. IEEE Communications Surveys & Tutorials, [S.l.], v. 27, n. 5, p. 3266-3307, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3519861. Acesso em: 20 jul. 2026.

ZAFAR, Osama et al. Empowering digital agriculture: a privacy-preserving framework for data sharing and collaborative research. arXiv:2506.20872, 2025. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2506.20872. Acesso em: 20 jul. 2026.

WU, Wenbo; KONSTANTINIDIS, George. Trust and reputation in data sharing: a survey. arXiv:2508.14028, 2025. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2508.14028. Acesso em: 20 jul. 2026.

Lean API Penetration Testing (LEAP): um processo simplificado de *pentest* para equipes com recursos limitados

Danilo Kotaka Marana[1], Bruno Bogaz Zarpelão[1]

[1]Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

danilo.kotaka.marana@uel.br, brunozarpelao@uel.br

O agronegócio representa uma parcela expressiva do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e possui relevância estratégica global (CEPEA; CNA, 2024). A crescente adoção de tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT - Internet of Things) e Inteligência Artificial no campo permite aprimorar toda a cadeia produtiva agrícola (Massruhá et al., 2020). No entanto, a adoção dessas soluções amplia a superfície de ataque e converte o setor em um alvo de cibercriminosos, com foco em vantagens financeiras e espionagem (Bogdanovski e Stojanovski, 2023). As *Application Programming Interfaces* (APIs) atuam como o principal meio de comunicação e integração entre os sistemas agrotecnológicos. Falhas na segurança dessas APIs podem expor informações críticas e comprometer a integridade de pesquisas e operações (OWASP Foundation, 2023). Para identificar e corrigir essas vulnerabilidades, a execução de Testes de Penetração (*Pentests*) é uma prática recomendada. Este trabalho apresenta o LEAP (Lean API Penetration Testing), um processo metodológico simplificado de *pentest* focado em APIs REST. O principal argumento da proposta é a simplificação da segurança ofensiva, estruturando uma metodologia acessível e prática para equipes pequenas ou desenvolvedores com pouca experiência em segurança. O processo foi refinado por meio de testes práticos em APIs intencionalmente vulneráveis, como crAPI, VAmPI e DVAPI, antes de ser aplicado a um cenário real. A estruturação do processo fundamenta-se nas categorias de risco do framework OWASP API Security Top 10 (OWASP Foundation, 2023) e compreende quatro etapas: (1) Planejamento e Contextualização, para a definição de escopo e preparação de ferramentas; (2) Reconhecimento e Mapeamento dos *endpoints* da aplicação; (3) Execução dos Testes, priorizando falhas lógicas de controle de acesso; e (4) Documentação dos Resultados para o repasse técnico. Para validar a aplicabilidade do método, executou-se um *pentest* na modalidade *White-Box* em uma API em fase de desenvolvimento do Centro de Inteligência Artificial no Agro (CIA-Agro), sistema voltado ao gerenciamento de dados de sensores e estações meteorológicas. A aplicação da metodologia permitiu identificar, de forma preventiva, falhas na arquitetura do sistema, garantindo sua mitigação antes da implantação em ambiente de produção. Os principais apontamentos foram a viabilidade de exploração da vulnerabilidade de Quebra de Autorização em Nível de Objeto (BOLA), que permitiu o acesso não autorizado a registros de sensores e estações de outros usuários no banco de dados (OWASP Foundation, 2023). Adicionalmente, foram mapeadas falhas de Quebra de Autorização em Nível de Função (BFLA) e brechas relativas ao consumo de recursos por ausência de limitação de requisições (*rate limiting*), que poderiam interromper o monitoramento em tempo real das estações. A detecção desses problemas indica a eficácia do modelo proposto, resultando na entrega de diretrizes de mitigação à equipe de desenvolvimento: implementação de controles de acesso baseados em papéis (RBAC) para as falhas de autorização, e adoção de limitação

de requisições por IP/token com resposta HTTP 429 para o problema de rate limiting. Conclui-se que a integração de rotinas de segurança ofensiva no desenvolvimento de soluções para o agronegócio é necessária para garantir a resiliência tecnológica do setor (Bogdanovski e Stojanovski, 2023).

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro concedido a este projeto, que viabilizou a condução das pesquisas.

Referências Bibliográficas

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. (2024). PIB do Agronegócio Brasileiro. Piracicaba, SP: Cepea/Esalq/USP.

Massruhá, S. M. F. S. et al. (2020). Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa.

Bogdanovski, M. e Stojanovski, G. (2023). Cybersecurity challenges in smart agriculture: A review. Computers and Electronics in Agriculture, v. 202, 107380.

OWASP Foundation. (2023). OWASP API Security Top 10-2023. Disponível em: https://owasp.org/API-Security/editions/2023/en/0x00-header/. Acesso em: 30 maio 2026.

Detecção de adulteração no leite por meio de inteligência artificial

Josiane Ito Eleodoro Sanches[1], Rafael Fagnani[1], Ariane Fornelli Ferreira[1], Ana Beatriz del Conte[2]

[1]Programa de pós-graduação em Saúde e Produção Animal - Universidade Anhanguera Unopar, Arapongas, PR, Brasil

[2]Universidade Anhanguera Unopar, Londrina, PR, Brasil

josiane_ito@outlook.com, rafaelfagnani@hotmail.com, af.fornelli@gmail.com, ana.biadelconte@gmail.com

A qualidade do leite cru é um ponto central para garantir a segurança alimentar, a padronização da produção e a competitividade da cadeia láctea (Hora et al., 2024). Entre as principais fraudes identificadas nesse produto destaca-se a adição de água, prática ilegal que reduz o valor nutricional, compromete o processamento industrial e pode representar riscos ao consumidor. Embora a Instrução Normativa nº 76/2018 (Brasil, 2018) estabeleça parâmetros físico-químicos e limites de crioscopia para o controle da qualidade do leite, os métodos convencionais apresentam limitações, tornando necessária a busca por ferramentas complementares de detecção. Nesse contexto, a inteligência artificial tem se destacado por sua capacidade de identificar padrões complexos em grandes volumes de dados (Morettin & Singer, 2022). Assim, este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar um modelo preditivo baseado no algoritmo XGBoost para identificar a adição de água em amostras de leite cru utilizando parâmetros físico-químicos, excluindo a crioscopia como variável preditora. Foi utilizado um banco de dados composto por 3.337 amostras de leite bovino, sendo 2.493 (74,7%) classificadas como não adulteradas e 844 (25,3%) como adulteradas, contendo informações de gordura, proteína, lactose, sólidos totais, extrato seco desengordurado e crioscopia. O índice crioscópico foi empregado exclusivamente para classificar as amostras em adulteradas (valores iguais ou superiores a -0,530 °H) e não adulteradas (valores entre -0,531 °H e -0,555 °H). Após a limpeza e padronização dos dados, o conjunto foi dividido em 70% para treinamento e 30% para teste, utilizando divisão estratificada para preservar a proporção das classes. Em razão do desbalanceamento dos dados, foi aplicada a técnica SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) exclusivamente ao conjunto de treinamento, visando aumentar a representatividade da classe adulterada sem alterar o conjunto de teste. As análises foram realizadas em Python utilizando o algoritmo XGBoost, sendo o desempenho avaliado pelas métricas de precisão, recall, F1-score e acurácia. O modelo apresentou acurácia geral de 80%, demonstrando desempenho satisfatório na classificação das amostras. Para a classe adulterada, foram obtidos 59% de precisão, 64% de recall e 62% de F1-score, enquanto a classe não adulterada apresentou 88% de precisão, 86% de recall e 87% de F1-score. Os resultados evidenciam que, apesar da influência do desbalanceamento entre as classes, mesmo após a aplicação da técnica SMOTE, o modelo foi capaz de reconhecer padrões nos parâmetros físico-químicos e diferenciar amostras adulteradas das não adulteradas. Destaca-se o recall obtido para a classe adulterada, indicando potencial para a identificação de uma parcela significativa das fraudes e para a utilização do modelo como ferramenta de triagem preliminar em programas de controle da qualidade

do leite. Conclui-se que o algoritmo XGBoost apresenta potencial como ferramenta auxiliar na detecção de adição de água em leite cru sem a utilização da crioscopia como variável preditora, podendo contribuir para o monitoramento da qualidade do leite, embora estudos futuros sejam necessários para aprimorar seu desempenho na identificação de amostras adulteradas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de outubro de 2018. Estabelece os critérios para a composição, contagem microbiológica e parâmetros físico-químicos do leite. Diário Oficial da União, Brasília, 26 out. 2018.

Hora, R. N. S. da; Fagundes, I. L. C.; Ribeiro, J. C. B. (2024) Avaliação da qualidade do leite e eficácia das ações de boas práticas de manejo entre agricultores familiares no município de Irajuba - Bahia. *Revista Macambira*, 8(1), 1-20.

Morettin, P. A. & Singer, J. M. (2022) Estatística e Ciência de Dados, 1 ed. Rio de Janeiro: LTC.

Avaliação preliminar de algoritmos de aprendizado de máquina para classificação de hambúrgueres bovinos contendo proteína de soja utilizando parâmetros instrumentais de textura

Amanda Gasparucho Bossi[1], Rafael Fagnani[1]

[1]Departamento de Medicina Veterinária – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{amanda.gasparucho, rafaelfagnani}@uel.br

O aprendizado de máquina (Machine Learning – ML) tem se destacado como uma boa ferramenta para a autenticação de alimentos, contribuindo para a detecção de adulterações e fraudes por meio da análise de grandes conjuntos de dados gerados por técnicas instrumentais, como espectroscopia, cromatografia, imagens hiperespectrais e análises físico-químicas. A aplicação de algoritmos de ML permite a identificação de padrões complexos e relações entre variáveis que muitas vezes não são detectados por métodos estatísticos convencionais, favorecendo a classificação de amostras e o desenvolvimento de modelos preditivos para controle da qualidade e autenticidade dos alimentos. Em produtos cárneos, a adição de extensores proteicos, como a proteína texturizada de soja (PTS), pode modificar características físico-químicas, incluindo os parâmetros de textura, tornando-os potenciais indicadores para a identificação da adição deste componente. Diante disto, o presente resumo teve como objetivo comparar o desempenho dos algoritmos Boosted Trees, K-Nearest Neighbors e Support Vector Machine na classificação de hambúrgueres bovinos controles crus (CC) e contendo 4 % de proteína texturizada de soja (4_SC), utilizando parâmetros instrumentais de textura como variáveis preditoras. Para isso foram produzidos hambúrgueres utilizando um blend composto por 50% Patinho e 50% Acém moídos, sendo formuladas amostras de 50 gramas para o grupo controle e para o grupo contendo 4 % de PTS hidratada conforme instruções do fabricante. Após a moldagem, foram congelados, cortados em cubos de 1 cm x 1 cm e descongelados sob refrigeração para realização da análise de textura em texturômetro GC-2010A Plus. O experimento foi conduzido em 7 lotes, com análises em triplicata, totalizando 126 amostras (63 CC e 63 4_SC). Os dados obtidos foram organizados em planilhas e analisados no software STATISTICA 10 por meio dos algoritmos de ML, sendo o desempenho dos modelos avaliado nos conjuntos de treinamento e teste. O Boosted Trees apresentou elevada capacidade de ajuste ao conjunto de treinamento, classificando corretamente 100% das amostras controle e 97,87% das amostras contendo 4% de PTS. Entretanto, no conjunto de teste, a classificação correta foi de 57,14% para CC e 56,25% para 4_SC, evidenciando sobreajuste e baixa capacidade de generalização, mesmo com o aumento de 200 para 250 árvores de decisão. O algoritmo K-Nearest Neighbors apresentou desempenho ligeiramente superior ao Boosted Trees, no conjunto de teste, com 70% de classificação correta das amostras controle e 50% das amostras contendo proteína de soja. Já o Support Vector Machine (SVM), classificou corretamente apenas as amostras controle, atribuindo todas as amostras contendo proteína de soja à classe CC, indicando elevada sobreposição entre os grupos avaliados. Em conjunto, os resultados sugerem que os parâmetros de textura, quando utilizados isoladamente, apresentam limitada capacidade

discriminante para detectar a adição de 4% de proteína de soja em hambúrgueres bovinos crus. Dessa forma, a incorporação de outras fontes de informação, como outras análises físicas e dados espectrais, poderá contribuir para o aumento da robustez e da capacidade de generalização dos modelos de classificação.

Referências Bibliográficas

Bakhsh, Allah, Se-Jin Lee, Eun-Yeong Lee, Young-Hwa Hwang, and Seon-Tea Joo. (2021) "Characteristics of Beef Patties Substituted by Different Levels of Textured Vegetable Protein and Taste Traits Assessed by Electronic Tongue System" *Foods* 10, no. 11: 2811. https://doi.org/10.3390/foods10112811

Osemwowa, E. U. (2026) 'The application of artificial intelligence in food fraud and adulteration analysis: a review', Food Additives & Contaminants: Part A, 43, no. 6, pp. 795–805. doi: 10.1080/19440049.2026.2654716.

Malik, M. and Dewan, A. (2025) “Machine learning in food authentication: A sustainable solution to global food challenges.” Letters in Food Research, 1, no. 4: e25050. http://doi.org/10.26656/lifr.1.e25050

Predição de Vazão em Pequenas Bacias com Aprendizado de Máquina

Leonardo Daiki Fuzikawa[1], Daniel dos Santos Kaster[2]

[1]Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina-PR

{leonardo.daiki, dskaster}@uel.br

O projeto tem como objetivo desenvolver uma metodologia para previsão da vazão em pequenas bacias hidrográficas, combinando dados coletados em campo com bases meteorológicas automatizadas. A proposta busca apoiar o monitoramento hidrológico local por meio de modelos capazes de estimar o comportamento futuro da vazão a partir de variáveis como precipitação, evapotranspiração e medições históricas realizadas com sensores instalados presencialmente. Ao longo do projeto, foi estruturado um fluxo de processamento dos dados, envolvendo a leitura das bases brutas, padronização das datas, agregação diária das variáveis, integração entre diferentes fontes e geração de atributos derivados. Entre esses atributos estão valores defasados da própria vazão, acumulados e médias móveis de chuva e evapotranspiração, além de informações temporais utilizadas para representar padrões sazonais. A partir desse conjunto de dados processados, foram avaliadas diferentes técnicas de aprendizado de máquina para previsão da vazão em horizontes de curto prazo, com foco especial em previsões de até 14 dias. Foram testados modelos baseados em árvores de decisão, como Random Forest (Breiman, 2001), Extra Trees e Gradient Boosting, além de abordagens adicionais com redes recorrentes do tipo GRU e extração automática de atributos com tsfresh (Christ et al., 2018). De modo geral, os melhores resultados foram obtidos pelos modelos de árvores, especialmente Extra Trees e Random Forest, que apresentaram maior estabilidade nos diferentes horizontes de previsão. As abordagens com GRU e tsfresh também foram implementadas e avaliadas, mas tiveram desempenho inferior neste cenário, possivelmente devido ao volume ainda limitado de dados históricos, a presença de falhas nas séries temporais e a dificuldade de generalização em eventos hidrológicos mais extremos. Apesar de os resultados ainda não serem plenamente satisfatórios para uso operacional, os experimentos permitiram identificar caminhos promissores e limitações importantes da base atual. A disponibilidade de séries temporais mais longas, contínuas e representativas tende a ser fundamental para melhorar a capacidade preditiva dos modelos. Assim, o projeto encontra-se em fase de desenvolvimento, com continuidade prevista na ampliação da coleta de dados, refinamento das variáveis explicativas e comparação de novas técnicas de modelagem para aumentar a confiabilidade das previsões de vazão em pequenas bacias.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária e a Espectro LTDA.

Referências Bibliográficas

Breiman, L. (2001) "Random Forests", *Machine Learning*, 45(1), p. 5-32.

Cho, K., van Merriënboer, B., Bahdanau, D. and Bengio, Y. (2014) "Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation", arXiv:1406.1078.

Christ, M., Braun, N., Neuffer, J. and Kempa-Liehr, A. W. (2018) "Time Series FeatuRe Extraction on Basis of Scalable Hypothesis Tests (tsfresh): A Python Package", *Neurocomputing*, 307, p. 72-77.

Aprendizado de Máquina para Determinação de Bioindicadores em Biorreatores

Guilherme Nascimento Braga[1], Ulisses Nunes da Rocha[2], Anderson Paulo Avila Santos[1]

[1]Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL) Londrina-PR

[2]Department of Computational Biology & Chemistry, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ GmbH, Leipzig, Saxony, 04318, Germany

{guilherme.n.braga, anderson.avila}@uel.br, ulisses.rocha@ufz.de

Algoritmos de aprendizado de máquina (*Machine Learning* - ML) têm sido crescentemente utilizados na resolução de problemas biológicos complexos, permitindo a extração de padrões ocultos em grandes volumes de dados. Um exemplo clássico dessa abordagem é a aplicação de ML na análise de dados genômicos para a identificação de biomarcadores associados a doenças e predição de funções proteicas. Seguindo essa mesma lógica investigativa, este trabalho aplica técnicas de IA para solucionar um desafio biológico central no setor agropecuário: a otimização da produção de biogás e biometano, uma alternativa energética limpa baseada no aproveitamento de resíduos. Atualmente, a identificação de microrganismos bioindicadores capazes de maximizar essa produção em biorreatores representa um desafio complexo. Isso ocorre devido à alta dimensionalidade dos dados genômicos dos consórcios microbianos, à sua natureza composicional e à escassez de amostras. Para solucionar esse problema e compreender as dinâmicas ecológicas envolvidas, propõe-se um *pipeline* de ML objetivando prever a produção de substâncias de interesse a partir da abundância relativa de Unidades Taxonômicas Operacionais (OTUs), extraídas na etapa de preparação dos inóculos. Para lidar com essa complexidade biológica e mitigar correlações espúrias comuns em dados de sequenciamento de alto rendimento (HTS), aplicou-se a transformação por Razão Log-Centralizada (CLR) e correlação de Pearson. O modelo analítico baseia-se em uma estrutura *Leave-One-Out* aninhada com otimização bayesiana (via pacote Optuna), avaliando cinco modelos de ML sob a métrica de *log loss*. A fim de traduzir os resultados estatísticos em significado biológico, a importância dos atributos foi estabelecida por agrupamento hierárquico e cálculo de Valores de Owen, método capaz de quantificar a contribuição das estruturas de coalizão biológica entre os microrganismos. Os *clusters* com maior valor de Owen, responsáveis por representar 95% da importância global, foram selecionados como candidatos a bioindicadores e direcionados a um modelo de regressão focado na predição de dez compostos bioquímicos (avaliado por RMSE). Os resultados de classificação demonstram *log loss* abaixo de 0,5 e acurácia acima de 0,8, indicando um alto potencial na seleção assertiva de bioindicadores. Espera-se comprovar que a modelagem baseada exclusivamente nestes microrganismos-chave reduza o RMSE em comparação ao uso indiscriminado da totalidade de OTUs, validando a capacidade preditiva que os bioindicadores ecológicos possuem sobre a eficiência do biorreator antes mesmo de sua inserção.

Referências Bibliográficas

AKIBA, T. et al. Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework. In: Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019. (KDD '19), p. 2623–2631. ISBN 978-1-4503-6201-6. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3292500.3330701>

GLOOR, G. B. et al. Microbiome Datasets Are Compositional: And This Is Not Optional. Frontiers in Microbiology, Frontiers, v. 8, nov. 2017. ISSN 1664-302X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.02224/full>.

OWEN, G. Values of Games with a Priori Unions. In: HENN, R.; MOESCHLIN, O. (Ed.). Mathematical Economics and Game Theory. Berlin, Heidelberg: Springer, 1977. p. 76–88. ISBN 978-3-642-45494-3.

PAPOUTSOGLOU, G. et al. Machine learning approaches in microbiome research: challenges and best practices. Frontiers in Microbiology, Frontiers, v. 14, set. 2023. ISSN 1664-302X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1261889/full>.

Inteligência Artificial, Proteção da Fauna e Incentivos Ambientais: Perspectivas para a Agropecuária Sustentável no Litoral do Paraná

Vanessa Fernanda Fransozi[1], Gabriel do Rozário Antunes[2]

[1]Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Produção Animal da UNOPAR - Arapongas (PR), (orientadora: Dra Elsa Helena Walter de Santana). E-mail: vanessafransozi@gmail.com

[2]Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares (PALI), Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), (orientadora: Dra Yara Tavares), Campus Paranaguá. E-mail: antunes_gael@live.com

O uso da Inteligência Artificial (IA) na agropecuária tem ampliado as possibilidades de monitoramento, gestão e tomada de decisão no meio rural. Recursos como sensores, visão computacional, aprendizado de máquina e sistemas automatizados já vêm sendo aplicados para acompanhar a saúde, o comportamento e o bem-estar dos animais de produção, além de tornar o manejo mais eficiente. Atualmente, diversas ferramentas de IA generativa de acesso gratuito ou com versões gratuitas (como Google Lens, Google AI Studio (Gemini), ChatGPT, Microsoft Copilot) e plataformas de análise de imagens por visão computacional, podem auxiliar na identificação de espécies, interpretação de imagens captadas por câmeras de monitoramento, reconhecimento de padrões comportamentais e organização de dados obtidos em campo, ampliando o acesso de pequenos produtores e pesquisadores a essas tecnologias. Contudo, o potencial dessas tecnologias não se limita ao aumento da produtividade. Em regiões ambientalmente sensíveis, como o litoral do Paraná, a IA também pode contribuir para a proteção da fauna silvestre e para a redução dos impactos da atividade agropecuária sobre os ecossistemas. Este trabalho analisa o uso da IA como instrumento de apoio à proteção da fauna, considerando tanto os animais de produção quanto as espécies silvestres que circulam em áreas rurais. O recorte territorial do litoral paranaense se justifica pela presença de agricultura familiar, remanescentes de Mata Atlântica, manguezais, unidades de conservação e elevada biodiversidade, fatores que tornam mais frequentes os conflitos entre produção rural e conservação ambiental. A pesquisa é qualitativa, de caráter exploratório, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica e documental sobre Inteligência Artificial aplicada ao agro, Direito Animal, Direito Ambiental e instrumentos econômicos de proteção da biodiversidade. Parte-se da hipótese de que sistemas inteligentes podem auxiliar na identificação precoce de doenças, alterações comportamentais e falhas de manejo dos animais de produção, ao mesmo tempo em que permitem monitorar a circulação da fauna silvestre, mapear corredores ecológicos, identificar áreas de conflito e subsidiar ações de prevenção e conservação. O tempo necessário para a análise dos dados varia conforme o volume de informações processadas, especialmente a quantidade e a duração das filmagens captadas por câmeras ou drones, podendo oscilar entre análises praticamente instantâneas de imagens isoladas e processamento de horas ou dias quando envolvem grandes bancos de vídeos para identificação automática de espécies e padrões comportamentais. Nessa perspectiva, a IA passa a ser compreendida não apenas como ferramenta produtiva, mas

também como meio de concretização do dever constitucional de proteção da fauna previsto no artigo 225 da Constituição Federal. Além disso, o estudo discute a possibilidade de criação de incentivos econômicos voltados a produtores rurais que adotem tecnologias capazes de gerar benefícios ambientais mensuráveis. Entre esses instrumentos destacam-se o Pagamento por Serviços Ambientais, benefícios fiscais e linhas de crédito diferenciadas, desde que vinculados a resultados efetivos na mitigação de impactos e na conservação da biodiversidade. Conclui-se que a IA pode contribuir para aproximar inovação tecnológica, proteção da fauna e políticas públicas, favorecendo um modelo de agropecuária mais sustentável no litoral do Paraná.

Referências Bibliográficas

ATAÍDE JUNIOR, Vicente de Paula. Capacidade processual dos animais: a judicialização do direito animal no Brasil. São Paulo: Thomson Reuters Brasil. 2022.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília, DF: Presidência da República, 1998.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Brasília, DF: Presidência da República, 2021.

REALIZAÇÃO:













APOIO:









